



REGIONE LAZIO
COMUNE DI CISTERNA DI LATINA
PROVINCIA DI LATINA



Istanza di Valutazione di Impatto Ambientale

ai sensi degli Artt. 23, 24 e 25 del D.Lgs. 152/2006

**PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO
DENOMINATO "PASCOLI VERDI",
DI POTENZA DI PICCO PARI A 60,594 MW_p E POTENZA
NETTA IMMESSA IN RETE PARI A 60 MW, INTEGRATO
CON UN SISTEMA DI ACCUMULO DI POTENZA PARI A CIRCA
25,52 MW DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI
CISTERNA DI LATINA (LT)**

Nome Elaborato

**Relazione sugli impatti elettromagnetici - opere di
connessione alla RTN**

Societa' committente:
HERGO RENEWABLES S.p.A.

Progettista: Ing. Gianpiero Tombolillo



Soc. HERGO RENEWABLES SpA
Via Privata Maria Teresa, 8
20123 Milano
P.IVA 10416260965



Codice	Scala				
REL2.13	varie				
Revisione	Data	Descrizione	Eseguito	Verificato	Approvato
0	Aprile 2024		G. Serafinelli	A. Guida/M. Mescia	G. Tombolillo

Sommario

1. Scopo del documento	3
2. Descrizione delle opere di connessione alla RTN.....	4
3. Riferimenti normativi	16
4. Stato “post operam”: analisi CEM	32

1. Scopo del documento

La presente relazione ha come oggetto la valutazione degli impatti elettrici e magnetici delle opere per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale dell'impianto agrivoltaico "Pascoli Verdi" della Hergo Renewables SpA da realizzarsi nel Comune di Cisterna di Latina. La soluzione per la connessione alla RTN prevede che il nuovo impianto agrivoltaico sia collegato in antenna a 36kV con una nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione a 150/36 kV della RTN, da collegare in entra - esce sulla linea RTN a 150 kV "Cisterna - Cisterna All."

L'intervento sarà suddiviso in due opere:

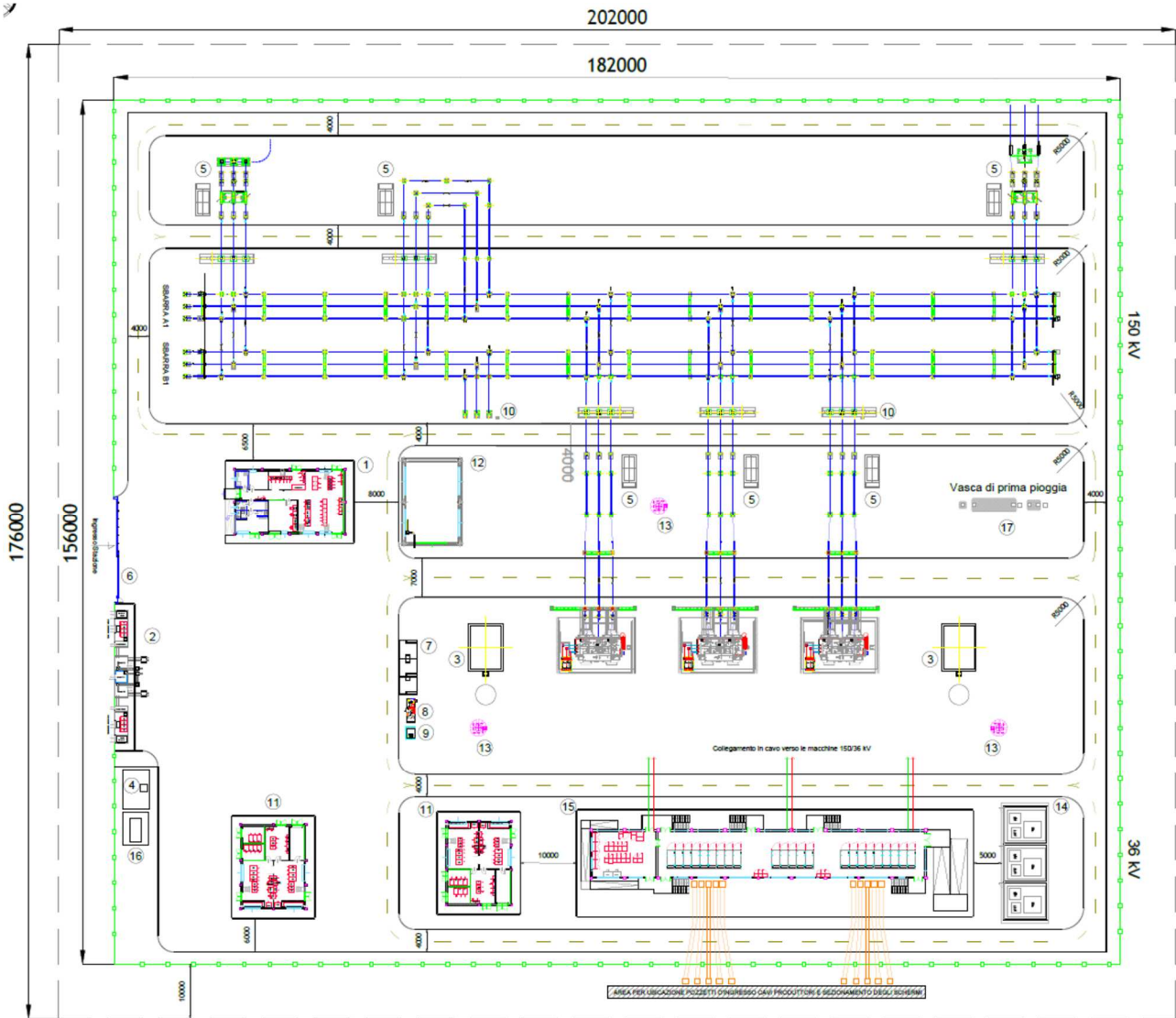
- **Opera 1:** la nuova SE RTN 150/36 kV;
- **Opera 2:** i nuovi raccordi di collegamento tra la nuova stazione e la linea RTN a 150 kV "Cisterna - Cisterna All." esistente. L'Opera 2 sarà così suddivisa:
 - Un primo raccordo costituito da una terna di cavi AT a 150 kV aventi sezione 1600 mm², di collegamento tra la nuova stazione 150/36 kV e la linea RTN a 150 kV "Cisterna - Cisterna All." esistente, che sarà convenzionalmente chiamato "raccordo nord". Tale raccordo prevederà l'infissione di un nuovo sostegno AT a traliccio per la transizione cavo-aereo.
 - Un secondo raccordo costituito da un elettrodotto aereo AT a 150 kV con conduttore del diametro di 31,5 mm in alluminio-acciaio, di collegamento tra la nuova stazione 150/36 kV e la linea RTN a 150 kV "Cisterna - Cisterna All." esistente, che sarà convenzionalmente chiamato "raccordo sud". Tale raccordo prevederà l'infissione di n. 3 nuovi sostegni AT a traliccio.

2. Descrizione delle opere di connessione alla RTN

NUOVA STAZIONE ELETTRICA 150/36 KV

L'area di sedime della nuova stazione elettrica delle RTN ha estensione pari a circa 35.500 mq. Per l'accesso alla stazione elettrica verrà utilizzata la strada interpodereale sterrata esistente di lunghezza pari a circa 400m che la collegherà perpendicolarmente alla viabilità comunale di via Enrico Toti. Il tratto sarà adeguato alle caratteristiche (larghezza media carrabile 5,00m) che garantiscono l'accessibilità diretta dei mezzi ai luoghi interessati dal posizionamento della nuova stazione. In particolare si provvederà all'allargamento del sedime stradale di almeno 1 metro, ripulendo la parte esistente incolta e cespugliata, e provvedendo, laddove sia necessario, al rinterro con materiale di scavo e alla compattazione del terreno per uno spessore dell'ordine di almeno 50 cm, così da garantire caratteristiche idonee al transito di mezzi pesanti e d'opera.

Di seguito si riporta la planimetria elettromeccanica della nuova stazione elettrica 150 kV / 36 kV:



LEGENDA	
1	EDIFICIO COMANDI
2	EDIFICIO PUNTI DI CONSEGNA ALIM. MT S.A. (DG 2092)
3	VASCA RACCOLTA OLIO TRASFORMATORI
4	VASCA RISERVA VV.FF.
5	CHIOSCHI APP. PERIFERICHE SISTEMA DI CONTROLLO
6	CANCELLO CARRAIO APRIBILE A DUE ANTE
7	FONDAZIONE TRASFORMATORI MT/bt (con copertura)
8	GE
9	SERBATOIO GASOLIO INTERRATO
10	TRASFORMATORI INDUTTIVI DI POTENZA (TIP)
11	EDIFICIO SERVIZI AUSILIARI
12	EDIFICIO MAGAZZINO
13	TORRI FARO
14	BOBINE DI PETERSEN, TRASFORMATORE FORMATORE DI NEUTRO E RESISTENZA DI NEUTRO
15	EDIFICIO QUADRI 36 kV
16	LOCALE POMPE VV.FF.
17	VASCA DI PRIMA PIOGGIA

—○— RECINZIONE ESTERNA

Attorno all'area recintata della stazione sarà realizzata, per esigenze di servizio e manutenzione, una strada perimetrale di larghezza circa 10 m, tale da consentire anche le opere di realizzazione e l'eventuale tracciato di linee con ingresso in cavo.

E' prevista la realizzazione di un cancello carrabile largo 7,00 m; la viabilità interna prevede strade perimetrali e interne attraverso le quali e possibile raggiungere tutte le sezioni / apparecchiature. La nuova stazione elettrica sarà interamente recintata con un muro di pannelli prefabbricati di calcestruzzo di altezza pari a 2,5 m.

Il progetto della stazione 150/36 kV prevede:

- **Sezione 150 kV** con isolamento in aria, costituita da:
 - n° 1 sistema a doppia sbarra con sezionatori di terra sbarre ad entrambe le estremità e TVC di sbarra su un lato;
 - n° 2 stalli linea;
 - n° 3 stalli trasformatore (ATR) 150/36 kV da 125 MVA;
 - n° 2 stalli per parallelo sbarre;
 - n° 7 stalli disponibili.

Ogni stallo ATR sarà equipaggiato con sezionatori di sbarra verticali, interruttore in SF6, scaricatori di sovratensione ad ossido di zinco e TA per protezioni e misure.

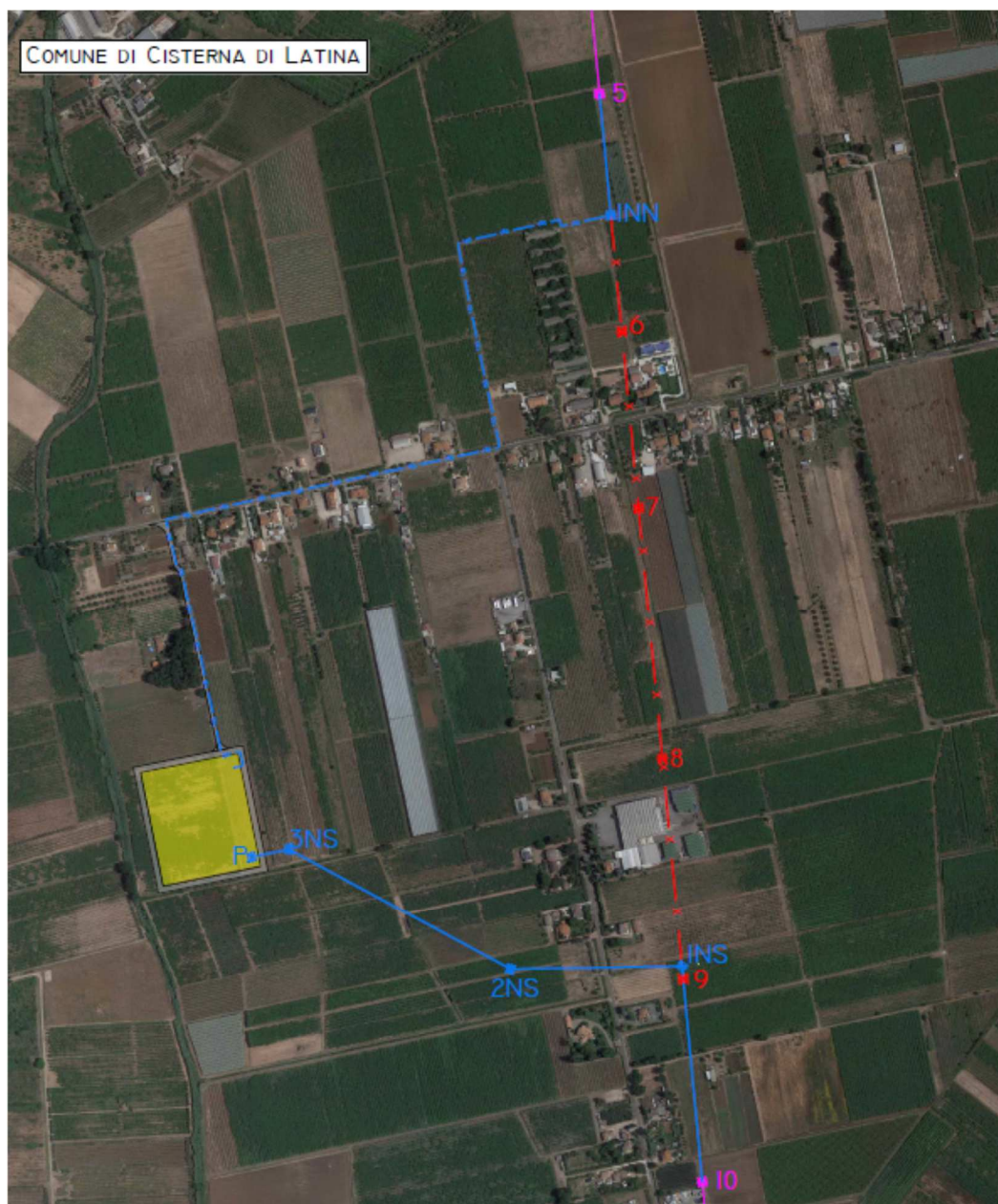
- **Sezione 36 kV**
 - n. 1 edificio quadri 36 kV per il collegamento degli autoproduttori;
 - n. 3 chioschi per le apparecchiature periferiche di stallo dei servizi ausiliari e del sistema di protezione, comando e controllo;
 - n. 1 edificio S.A. dedicato;
 - n. 1 G.E. con relativo serbatoio di gasolio interrato;
 - n. 1 edificio magazzino;
 - n. 1 bobine Petersen, trasformatore formatore di neutro e resistenza di neutro.

NUOVI RACCORDI 150 kV

Si rende necessaria la realizzazione di due nuovi raccordi di collegamento 150 kV.

Un primo raccordo interrato, convenzionalmente chiamato “raccordo nord”, si compone di una terna di cavi AT a 150 kV aventi sezione 1600 mm², che dalla nuova stazione 150/36 kV percorre la nuova viabilità di stazione in direzione nord, fino al raggiungimento di via Enrico Toti. Quest’ultima viene percorsa per circa 570 m in direzione est, entrando poi in alcuni terreni agricoli a nord e dopo esser passato a nord di alcuni edifici a schiera in disuso, si va ad attestare al nuovo sostegno AT dove sarà previsto il passaggio cavo/aereo e l’apertura della linea esistente. La lunghezza complessiva è di circa 1.650 m. Il sostegno che andrà a sostituire quello attualmente esistente, sarà del tipo capolinea per realizzare la transizione cavo-aereo.

Un secondo raccordo aereo, convenzionalmente chiamato “raccordo sud”, risulta costituito da un breve elettrodotto aereo AT a 150 kV con conduttore del diametro di 31,5 mm in alluminio-acciaio. Tale raccordo prevede l’installazione di n.3 nuovi sostegni AT a traliccio. Il raccordo sud esce dalla stazione direttamente in linea aerea in direzione est - sudest passando su terreni agricoli per circa 740 m, fino al raggiungimento del nuovo sostegno ove si ha l’apertura della linea esistente. Vi sarà un ulteriore tratto di circa 340 m verso sud fino al collegamento con il sostegno esistente, nel quale si manterrà il conduttore attualmente installato. Il sostegno che andrà a sostituire quello attualmente esistente, sarà del tipo EDT con mensole a bandiera (solo su un lato) dato l’elevato angolo di slineamento in gioco.



Legenda

Opera 1

- Nuova SE 150/36kV "Cisterna"
- Nuova SE 150/36kV "Cisterna" - Viabilità perimetrale e di accesso

Opera 2

- Linea aerea a 150 kV esistente "Cisterna - Cisterna All."
- x Linea aerea a 150 kV esistente "Cisterna - Cisterna All." - Tratta da demolire
- Nuovo raccordo a 150kV - Tratto Aereo
- 150 Nuovo raccordo a 150kV - Tratto in Cavo
- Sostegno Futuro
- Sostegno da demolire
- Sostegno Esistente

Raccordo nord in cavo interrato

Il progetto e la messa in opera saranno conformi alle norme CEI 11-17 e al D.M. del 21 marzo 1988. Dal punto di vista elettrico, la terna costituente il raccordo interrato avrà le seguenti caratteristiche:

- Frequenza nominale 50 Hz
- Tensione nominale 150 kV
- Intensità di corrente massima nelle condizioni di posa 920A

L'elettrodotto si comporrà di n.3 conduttori di energia da 1.600 mm², 6 terminali cavo per esterno (3 in stazione e 3 sul sostegno di transizione cavo-aereo), 1 cavo in fibra ottica.

Inoltre, ipotizzando pezzature di cavo AT da 600 m, si prevede l'installazione di 3 giunti unipolari per la terna costituente il raccordo nord. Per i cavi in fibra ottica, poiché le pezzature di cavo arrivano fino a 2.000 m, non si prevede l'installazione di giunti.

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1,6 m, con disposizione delle fasi a trifoglio. Ogni terna sarà alloggiata in una trincea. Le trincee saranno separate e distanti 5-6 metri l'una dall'altra. Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati.

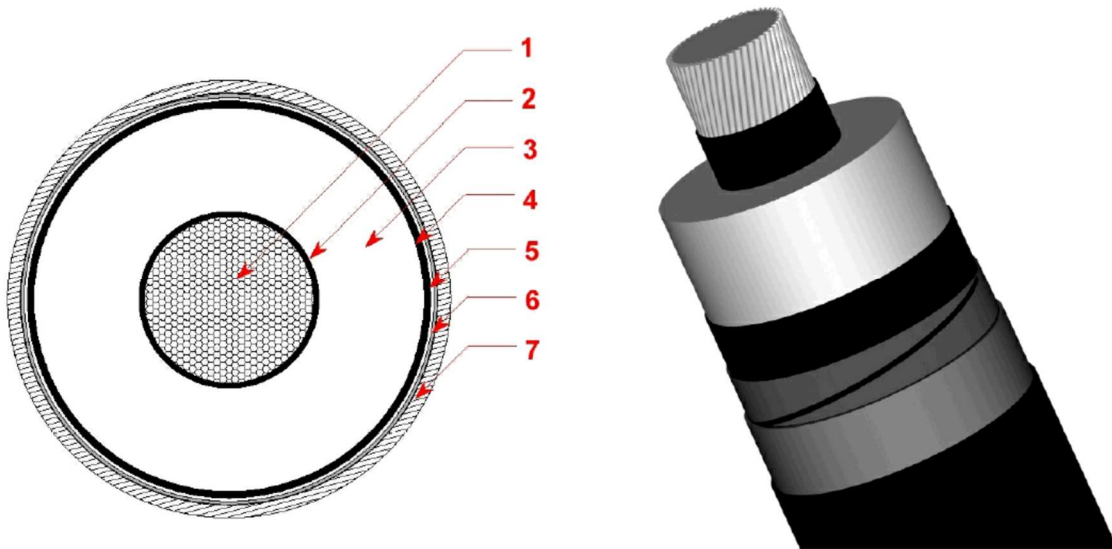
Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento 'mortar'. Saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da lastre di protezione in cemento armato dello spessore di 6 cm. La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto.

Gli attraversamenti di eventuali opere interferenti saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17.

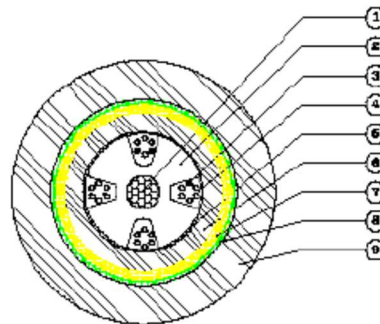
Ciascun cavo d'energia a 150 kV sarà costituito da:

1. Conduttore in alluminio compatto di sezione 1.600 mm²
2. Schermo semiconduttore
3. Isolamento in polietene reticolato (XLPE)

- 4. Schermo semiconduttore
- 5. Nastri in materiale igroespandente
- 6. Guaina in rame
- 7. Guaina esterna termoplastica



Il sistema di telecomunicazioni sarà realizzato per la trasmissione dati dalla nuova SE RTN. Sarà costituito da un cavo con 12 o 24 fibre ottiche. Nella figura seguente è riportato lo schema del cavo f.o. che potrà essere utilizzato per il sistema di telecomunicazioni



- 1 - Elemento schermo dialettico
- 2 - Nastri espandenti in materiale plastico
- 3 - Fibra ottica
- 4 - Intemperante
- 5 - Armatura con nastri metallici
- 6 - Guaina di polietilene rame
- 7 - Filati aramidici
- 8 - Armatura con nastri metallici
- 9 - Guaina di polietilene nero

Cavo ottico a 24 fibre TOS4 24 4(6SMR)
 Diametro esterno 13.5 mm
 Peso 130 kg/km

La realizzazione dell'opera si articolerà secondo le seguenti fasi:

- realizzazione delle infrastrutture temporanee di cantiere;
- apertura della fascia di lavoro e scavo della trincea;
- posa dei cavi;
- ricopertura della linea e ripristini.

Al termine dei lavori civili ed elettromeccanici sarà effettuato il collaudo della linea.

Raccordo sud in cavo interrato

Per il nuovo tratto di linea aerea in oggetto, i calcoli delle frecce e delle sollecitazioni dei conduttori di energia, delle corde di guardia, dell'armamento, dei sostegni e delle fondazioni, sono rispondenti alla Legge n. 339 del 28/06/1986 ed alle norme contenute nei Decreti del Ministero dei LL.PP. del 21/03/1988 e del 16/01/1991 con particolare riguardo agli elettrodotti di classe terza, così come definiti dall'art. 1.2.07 del Decreto del 21/03/1988 suddetto; per quanto concerne le distanze tra conduttori di energia e fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporta tempi di permanenza prolungati, queste sono conformi anche al dettato del D.P.C.M. 08/07/2003.

L'opera è costituita in particolare da una palificazione a semplice terna armata con tre conduttori di energia tipo All-Acc, in alluminio-acciaio, aventi diametro $\varnothing=31,5$ mm, ed una fune di guardia in acciaio avente diametro $\varnothing=10,5$ mm. Si fa presente che la linea RTN a 150 kV "Cisterna - Cisterna All." esistente è attualmente equipaggiata con conduttore All.-Acc. avente diametro $\varnothing=22,8$ mm.

Come anticipato, per quanto riguarda la linea attualmente esistente, in luogo dell'attuale sostegno rettilineo in semplice terna che sarà smantellato, sarà installato un nuovo sostegno del tipo E doppia terna ma con sole tre mensole disposte a bandiera (solo su un lato) dato l'elevato angolo di slineamento in gioco. Il sostegno intermedio sarà del tipo C in amarro in semplice terna. Infine, il sostegno più a ovest in prossimità della stazione sarà del tipo EDT,

poiché per le campate adiacenti in gioco si configura come sostegno rettilineo. Per le altezze dei sostegni si rimanda al profilo allegato.

Le caratteristiche elettriche della linea elettrica in seguito al potenziamento sono le seguenti:

- Frequenza nominale 50 Hz
- Tensione nominale 150 kV
- Corrente massima in servizio normale 870 A

La portata in corrente in servizio normale del conduttore sarà conforme a quanto prescritto dalla norma CEI 11-60 per elettrodotti a 150 kV in zona A.

La Zona A comprende le località ad altitudine non superiore agli 800 m s.l.m. dell'Italia Centrale, Meridionale e Insulare; mentre la Zona B, comprende tutte le località dell'Italia Settentrionale e comunque quelle ad altitudine superiore a 800 m s.l.m. dell'Italia Centrale, Meridionale e Insulare (prescrizioni del DM 21 marzo 1988 n. 449 e successive varianti (CEI 11 4)). L'elettrodotto in oggetto si trova in Zona A.

La distanza tra due sostegni consecutivi dipende dall'orografia del terreno e dall'altezza utile dei sostegni impiegati; nel caso in oggetto sarà al massimo di 397 m.

La linea aerea, in semplice terna, sarà equipaggiata con conduttori in corda di alluminio-acciaio dal diametro complessivo pari a 31,5 mm. Le pezzature delle bobine di conduttore saranno di circa 2.000 m.

In via cautelativa si è assunto un valore di 10 m per il franco minimo verso terra, considerando una temperatura del conduttore di 75 °C. Ciò risponde comunque alle richieste di quanto prescritto nel D.M. 16/01/1991 all'art. 2.1.05 (la cui temperatura di riferimento del conduttore è di 55°) per cui il franco minimo deve essere uguale o superiore a 6,4 m.

L'elettrodotto sarà equipaggiato con una corda di guardia da 11,5 mm di diametro con nucleo in fibra ottica, il cui tiro in EDS (Every Day Stress) è tale che il parametro, sempre in EDS, è lo stesso di quello del conduttore in EDS ma maggiorato del 15%.

Per la fune di guarda si è ipotizzata la condizione di massimo parametro (fune di guarda maggiormente tesa).

Il tiro dei conduttori e delle corde di guardia è fissato in modo che risulti costante, in funzione della campata equivalente, nella condizione "normale" di esercizio linea, cioè alla temperatura di 15°C ed in assenza di sovraccarichi. Ciò assicura uniformità di comportamento nei riguardi delle sollecitazioni prodotte dal fenomeno delle vibrazioni.

Nelle altre condizioni o "stati" il tiro varia in funzione della campata equivalente di ciascuna tratta e delle condizioni atmosferiche (vento, temperatura ed eventuale presenza di ghiaccio). La norma vigente divide il territorio italiano in due zone, A e B, in relazione alla quota e alla disposizione geografica. La Zona A comprende le località ad altitudine non superiore agli 800 m s.l.m. dell'Italia Centrale, Meridionale ed Insulare; mentre la Zona B, comprende tutte le località dell'Italia Settentrionale e comunque quelle ad altitudine superiore a 800 m s.l.m. dell'Italia Centrale, Meridionale ed Insulare (prescrizioni del DM 21 marzo 1988 n. 449 e successive varianti (CEI 11 4)).

La capacità di trasporto di un elettrodotto è funzione lineare della corrente di fase. Il conduttore di riferimento nelle terne a 150 kV preso in considerazione dalla Norma CEI 11-60 è il conduttore alluminio-acciaio del diametro complessivo pari a 31,5 mm, per il quale sono definite anche le portate nei periodi caldo e freddo della Zona A, che risultano pari a 620 A e 870 A rispettivamente.

Si fa presente che la portata in corrente massima dell'attuale conduttore in opera per la linea esistente (22,8 mm di diametro) secondo la Norma CEI 11-60, nel periodo freddo, è pari a 570 A per la zona A.

I sostegni utilizzati rimarranno gli stessi della soluzione attuale ad eccezione dei sostegni n.2 e n.3. Essi, in configurazione semplice terna, hanno le fasi disposte a triangolo (tavola allegata). I sostegni, di varie altezze secondo le caratteristiche altimetriche del terreno, sono in angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati. Gli angolari di acciaio sono raggruppati in elementi strutturali. Il calcolo delle sollecitazioni meccaniche ed il

dimensionamento delle membrature, è stato eseguito conformemente a quanto disposto dal D.M. 21/03/1988 e le verifiche sono state effettuate per l'impiego prevalente in zona "A". Essi hanno un'altezza tale da garantire, anche in caso di massima freccia del conduttore, il franco minimo prescritto dalle vigenti norme.

I sostegni saranno tutti provvisti di difese parasalita.

Ciascun sostegno si può, in generale, considerare composto dai piedi, dalla base, dal tronco e dalla testa, della quale fanno parte le mensole. Ad esse sono applicati gli armamenti (cioè l'insieme di elementi che consente di ancorare meccanicamente i conduttori al sostegno pur mantenendoli elettricamente isolati da esso) che possono essere di sospensione o di amarro. Vi sono infine i cimini, atti a sorreggere le corde di guardia.

I piedi del sostegno, che sono l'elemento di congiunzione con il terreno, possono essere di lunghezza diversa, consentendo un migliore adattamento, in caso di terreni acclivi.

Ciascun elettrodotto aereo in alta tensione è realizzato utilizzando una serie unificata di tipi di sostegno, tutti diversi tra loro (a seconda delle sollecitazioni meccaniche per le quali sono progettati) e tutti disponibili in varie altezze (H), denominate "altezze utili" (di norma variabili da 15 a 42 m). I due nuovi sostegni saranno ubicati sotto linea predisponendo dapprima le fondazioni, i piedi e la base al fine di evitare il fuori servizio della linea elettrica. Una volta che si è proceduto all'apertura della linea, si provvederà ad installare il resto del sostegno che arriverà in loco già montato, mediante apposite gru.

L'isolamento degli elettrodotti, previsto per una tensione massima di esercizio di 150 kV, sarà realizzato con isolatori a cappa e perno in vetro temprato, con carico di rottura di 70, 120 e 160 kN, connessi tra loro a formare catene di almeno 13 elementi negli amarri e nelle sospensioni. Le caratteristiche degli isolatori rispondono a quanto previsto dalle norme CEI. Gli elementi di morsetteria sono dimensionati in modo da poter sopportare gli sforzi massimi trasmessi dai conduttori al sostegno.

A seconda dell'impiego previsto sono stati individuati diversi carichi di rottura per gli elementi di morsetteria che compongono gli armamenti in sospensione:

- 120 kN utilizzato per le morse di sospensione.

- 160 kN utilizzato per i rami semplici degli armamenti di sospensione e dispositivo di amarro di un singolo conduttore.

Le morse di amarro sono invece dimensionate in base al carico di rottura del conduttore.

La scelta degli equipaggiamenti (ovvero del complesso degli elementi di morsetteria che collegano le morse di sospensione o di amarro agli isolatori e questi ultimi al sostegno) è stata effettuata, per ogni singolo sostegno, fra quelli disponibili nel progetto unificato, in funzione delle azioni (trasversale, verticale e longitudinale) determinate dal tiro dei conduttori e dalle caratteristiche di impiego del sostegno esaminato (campata media, dislivello a monte e a valle, ed angolo di deviazione).

Ciascun sostegno è dotato di quattro piedi e delle relative fondazioni. La fondazione è la struttura interrata atta a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dal sostegno al sottosuolo. Le fondazioni unificate sono utilizzabili su terreni normali, di buona o media consistenza. Ciascun piedino di fondazione è composto di tre parti:

- un blocco di calcestruzzo armato costituito da una base, che appoggia sul fondo dello scavo, formata da una serie di platee (parallelepipedi a pianta quadrata) sovrapposte; detta base è simmetrica rispetto al proprio asse verticale;
- un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno;
- un "moncone" annegato nel calcestruzzo al momento del getto, collegato al montante del "piede" del sostegno. Il moncone è costituito da un angolare, completo di squadrette di ritenuta, che si collega con il montante del piede del sostegno mediante un giunto a sovrapposizione. I monconi sono raggruppati in tipi, caratterizzati dalla dimensione dell'angolare, ciascuno articolato in un certo numero di lunghezze.

L'abbinamento tra ciascun sostegno e la relativa fondazione è determinato nel progetto unificato mediante le "Tabelle delle corrispondenze" che sono le seguenti:

- Tabella delle corrispondenze tra sostegni, monconi e fondazioni;
- Tabella delle corrispondenze tra fondazioni ed armature colonnino

Con la prima tabella si definisce il tipo di fondazione corrispondente al sostegno impiegato mentre con la seconda si individua la dimensione ed armatura del colonnino corrispondente.

Per ogni sostegno, in funzione della resistività del terreno misurata in sito, viene scelto, in base alle indicazioni riportate nel Progetto, anche il tipo di messa a terra da utilizzare.

3. Riferimenti normativi

Tra i principali riferimenti normativi in materia di protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati da linee elettriche e apparati in corrente alternata è utile ricordare le Linee Guida dell'ICNIRP, in particolare:

- Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo (1Hz - 100 KHz) (2010), che hanno sostituito le precedenti Linee Guida del 1982 introducendo nuovi limiti basati sul campo elettrico indotto e non più sulla corrente elettrica indotta.

Con riferimento all'esposizione della popolazione, è utile menzionare a livello europeo la:

- Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 Luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici fino a 300 GHz (n. 1999/519/CE) che ha recepito le Linee Guida dell'ICNIRP fino a quel momento emesse, oggi sostituite dalle più recenti "Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo del 1998",

chiedendo agli Stati membri che le disposizioni nazionali relative alla protezione dall'esposizione ai campi elettromagnetici si uniformassero alle stesse.

Come precisa la stessa Raccomandazione, i limiti derivati sulla base degli effetti a breve termine provati, adottano fattori di sicurezza pari a 50 che implicitamente tutelano anche da possibili effetti a lungo termine, ad oggi non provati.

A livello nazionale il quadro normativo è rappresentato da:

- Legge quadro 22 febbraio 2001 n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” [si applica a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz];
- DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti”;
- Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" [si applica alle linee esercite alla frequenza di rete (50Hz)].

I principali riferimenti tecnici per il calcolo dei valori di campo elettrico e magnetico sono rappresentati dalle norme tecniche CEI, in particolare:

- Norma CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo” Prima edizione, 2006;
- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche” Seconda edizione, 2008.

Nonché relativamente alla corrente da utilizzare per il calcolo:

- Norma CEI 11-60 “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV” Seconda edizione, 2002.

LIMITI DI RIFERIMENTO

I livelli di riferimento raccomandati dall'ICNIRP per la popolazione, oggetto di recente revisione, sono, per le linee elettriche esercite alla frequenza di rete (50 Hz):

- campo elettrico: 5 kV/m (valori efficaci)
- campo magnetico: 200 μ T (valori efficaci)

A livello europeo la Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 Luglio 1999 ha invece recepito i valori indicati dalle precedenti Linee Guida dell'ICNIRP (Linee Guida

per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo del 1998); tali valori sono quindi per le linee elettriche esercite alla frequenza di rete (50 Hz):

- campo elettrico: 5 kV/m (valori efficaci);
- campo magnetico: 100 μ T (valori efficaci).

In ambito nazionale, ai fini della protezione della popolazione, la legge n. 36 del 22 febbraio 2001 e il successivo D.P.C.M. 8 luglio 2003 hanno introdotto, relativamente alla frequenza di rete di 50 Hz, i seguenti limiti:

Limite di esposizione:

- 5 kV/m per il campo elettrico;
 - 100 μ T per l'induzione magnetica,
- (da intendersi come valori efficaci) (RMS values)

Valore di attenzione:

- 10 μ T per l'induzione magnetica,
- (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

Obiettivo di qualità:

- 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica,
- (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio).

Mentre i limiti di esposizione si applicano in ogni condizione di esposizione, i valori di attenzione si applicano nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere nel caso di linee esistenti nei confronti di edificato esistente. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi

elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz si applicano invece gli obiettivi di qualità.

Di seguito un prospetto dei limiti attualmente vigenti:

f (Hz)	ICNIRP (2010)		Racc.Cons.Europeo 12/07/99		D.Lgs 36/01 + DPCM 8/07/2003	
	E (kV/m)	B (μ T)	E (kV/m)	B (μ T)	E (kV/m)	B (μ T)
50	5	200	5	100	5	100 (1) 10 (2) 3 (3)

(1) limite di esposizione (2) valore di attenzione (3) obiettivo di qualità

FASCIA DI RISPETTO E DPA

Con riferimento alle Cabine elettriche e agli elettrodotti eserciti alla frequenza di rete, 50 Hz, e con specifico riferimento all'obiettivo di qualità, sono stati introdotti i concetti di Fascia di rispetto e di Distanza di prima approssimazione (DPA).

Come definita dalla norma CEI 106-11, Fascia di rispetto *"E' lo spazio circostante i conduttori di una linea elettrica aerea, o in cavo interrato, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale ad un valore prefissato, in particolare all'obiettivo di qualità."*

Come meglio specifica il DPCM 8 luglio 2003 [art.6], *"per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità ... ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60"*.

Come previsto dallo stesso art.6 del DPCM 8 luglio 2003, la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è stata definita dall'APAT, sentite le ARPA, ed approvata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio con Decreto 29 Maggio 2008 - "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

Come specificato al par.3.2, tale metodologia, *...ai sensi dell'art. 6 comma 2 del DPCM 08.07.03, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto.*

I riferimenti contenuti nell'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità: *"Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni già presenti nel territorio."* (art. 4 del DM 8 luglio 2003).

Il concetto di Distanza di prima approssimazione (DPA) è stato per la prima volta introdotto dal Decreto 29 Maggio 2008 che ne riporta anche la definizione: *"per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto..."*

Tale concetto è stato introdotto al fine di semplificare la gestione territoriale e procedere in prima approssimazione al calcolo delle fasce di rispetto senza dover ricorrere a complessi modelli di calcolo bidimensionale o tridimensionale, il Decreto prevede infatti anche dei metodi semplificati da poter applicare nel caso di parallelismo o incrocio di linee elettriche aeree.

RISPETTO DEI VALORI DEL CAMPO ELETTRICO

Per quanto riguarda il campo elettrico esso è fisicamente dipendente dalla tensione di linea e dalla distanza lineare, e risulta fortemente influenzato dalla presenza del terreno e dalle protezioni isolanti.

Per quanto attiene i brevi raccordi aerei 150 kV e le apparecchiature di alta tensione localizzate nella nuova Stazione Elettrica 150/36 kV saranno rispettate con ampio margine le fasce di rispetto indicate dal Gestore di Rete (TERNA SpA) di cui ai successivi paragrafi.

MODELLO DI CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO

Il campo magnetico prodotto da una sorgente lineare è fisicamente dipendente dal valore di corrente di linea e dalla distanza dalla linea stessa; in seconda istanza il campo magnetico dipende dalle caratteristiche fisiche della linea (materiale conduttore, isolante, etc.) e del mezzo attraverso il quale il campo viene trasmesso (aria, terreno, etc.).

Il calcolo del valore del campo magnetico nel caso in esame è possibile attraverso l'utilizzo della Legge di Biot-Savart:

$$\vec{B}_0 = \frac{\mu_0 i \hat{l} \times \vec{r}}{4\pi r^3}$$

dove:

B₀ è il campo magnetico;

r è la distanza lineare dalla sorgente;

i è l'intensità di corrente;

μ₀ è la permeabilità magnetica (qui espressa come permeabilità magnetica del vuoto; nel nostro caso la permeabilità magnetica sarà quella dei mezzi attraversati dal campo: isolanti, pareti, terreno, etc.).



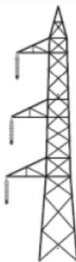


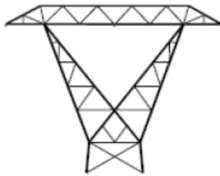
Il campo magnetico pertanto cresce all'aumentare della corrente e diminuisce all'aumentare della distanza; per distanze apprezzabili (già nell'ordine di qualche decina di centimetri, e comunque inferiori al metro) il suo valore decresce approssimativamente con il quadrato della distanza geometrica (**1/r²** conseguenza della presenza nella formula di **r** sia al numeratore che al denominatore).

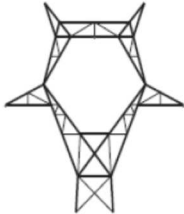
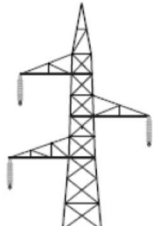
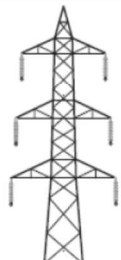
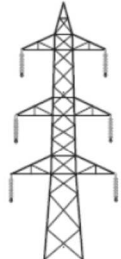
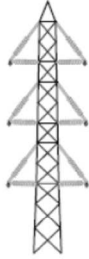

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce anche la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (*Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti*). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.





Nella formulazione delle DPA sono state analizzate le principali tipologie e geometrie delle linee elettriche (aeree e interrate) e i lay-out tipici delle cabine di consegna e smistamento, nelle più gravose condizioni di esercizio.

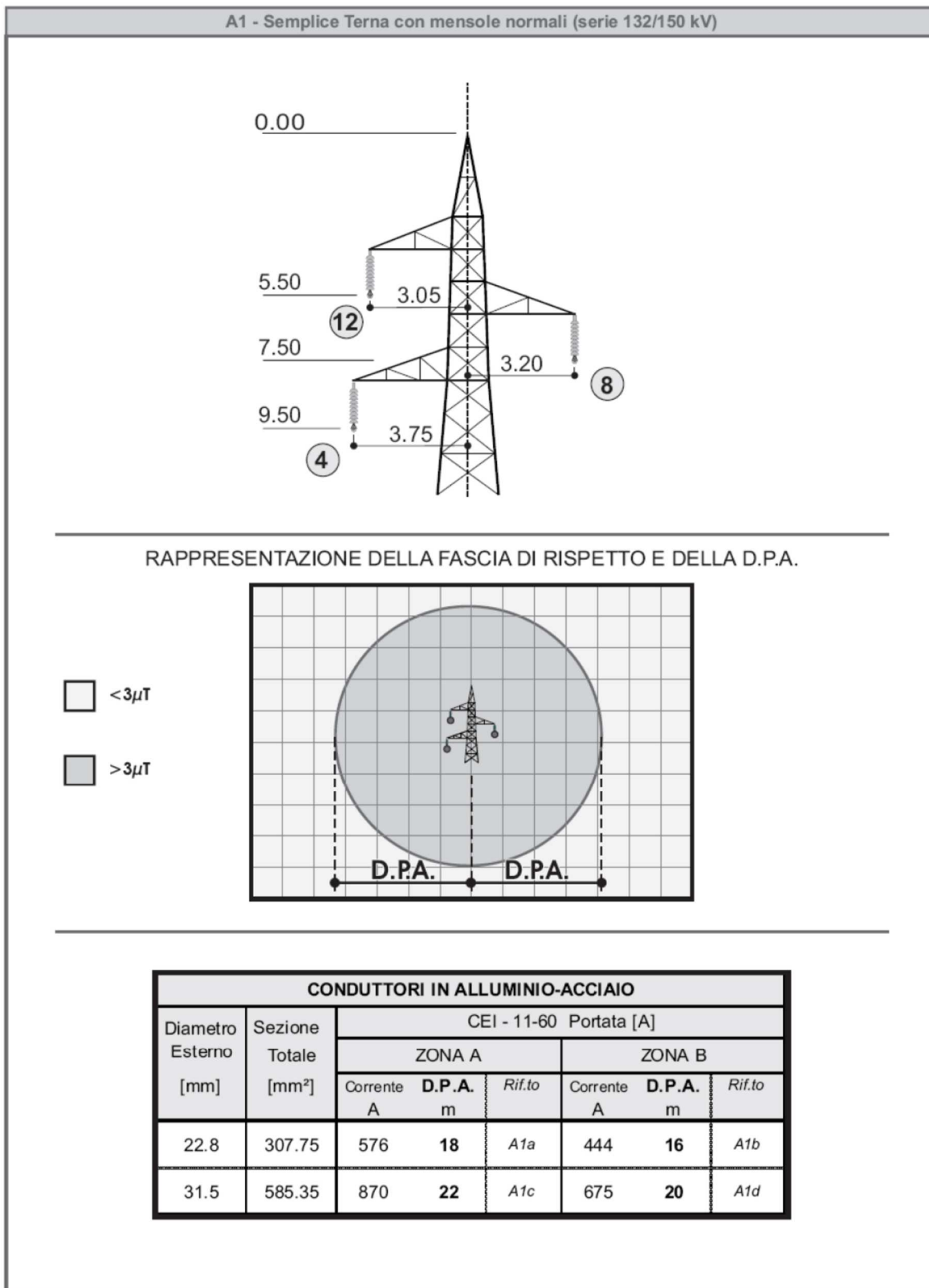
Tutte le soluzioni e tipologie realizzative correnti si possono ricondurre a schede parametriche di riferimento che hanno alla base rigorose formulazioni fisiche e matematiche e che portano con ampio margine di tutela alla assegnazione del valore delle fasce di rispetto da prevedere per le diverse linee / strutture / apparati.

Si riportano le schede utili per i casi di specie oggetto del presente progetto / studio.

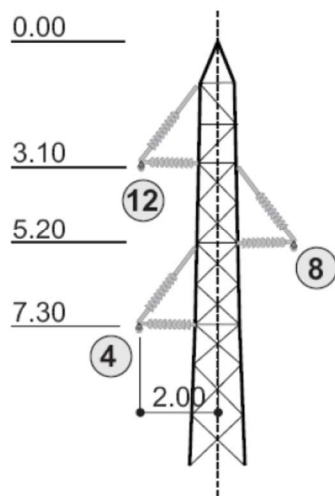
Tipologia sostegno	Formazione	Armamento	Corrente	DPA (m)	Rif.
Semplice Terna con mensole normali (serie 132/150 kV) Scheda A1	22.8 mm 307.75 mm²		576	18	A1a
			444	16	A1b
	31.5 mm 585.35 mm²		870	22	A1c
			675	20	A1d
Semplice Terna con mensole isolanti (serie 132/150 kV) Scheda A2	22.8 mm 307.75 mm²		576	16	A2a
			444	14	A2b
	31.5 mm 585.35 mm²		870	19	A2c
			675	17	A2d
Semplice Terna a bandiera con mensole normali (serie 132/150 kV) Scheda A3	22.8 mm 307.75 mm²		576	21sx 14dx	A3a
			444	19sx 12dx	A3b
	31.5 mm 585.35 mm²		870	25sx 18dx	A3c
			675	23sx 16dx	A3d
Semplice Terna a bandiera con mensole isolanti (serie 132/150 kV) Scheda A4	22.8 mm 307.75 mm²		576	17sx 13dx	A4a
			444	15sx 11dx	A4b
	31.5 mm 585.35 mm²		870	20sx 16dx	A4c
			675	18sx 14dx	A4d
Tubolare Semplice Terna con mensole isolanti a triangolo (serie 132/150 kV) Scheda A5	22.8 mm 307.75 mm²		576	15sx 14dx	A5a
			444	13sx 12dx	A5b
	31.5 mm 585.35 mm²		870	18sx 17dx	A5c
			675	17sx 15dx	A5d
Semplice Terna a Delta (serie 132/150 kV) Scheda A6	22.8 mm 307.75 mm²		576	24	A6a
			444	21	A6b
	31.5 mm 585.35 mm²		870	28	A6c
			675	25	A6d

Tipologia sostegno	Formazione	Armamento	Corrente	DPA (m)	Rif.
Semplice Terna tipo portale (serie 132/150 kV) <u>Scheda A7</u>	22.8 mm 307.75 mm ²		576	16	A7a
			444	14	A7b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	19	A7c
			675	17	A7d
Semplice Terna con mensole normali (serie 220 kV) <u>Scheda A8</u>	22.8 mm 307.75 mm ²		576	21sx 19dx	A8a
			444	18sx 17dx	A8b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	25sx 23dx	A8c
			675	23sx 21dx	A8d
Doppia Terna con mensole normali (serie 132/150 kV) <u>Scheda A9</u>	22.8 mm 307.75 mm ²		576	26	A9a
			444	23	A9b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	32	A9c
			675	28	A9d
Doppia Terna ottimizzata con mensole normali (serie 132/150 kV) <u>Scheda A10</u>	22.8 mm 307.75 mm ²		576	18	A10a
			444	16	A10b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	22	A10c
			675	20	A10d
Doppia Terna con mensole isolanti (serie 132/150 kV) <u>Scheda A11</u>	22.8 mm 307.75 mm ²		576	21	A11a
			444	18	A11b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	26	A11c
			675	23	A11d
Doppia Terna ottimizzata con mensole isolanti (serie 132/150 kV) <u>Scheda A12</u>	22.8 mm 307.75 mm ²		576	16	A12a
			444	14	A12b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	19	A12c
			675	17	A12d

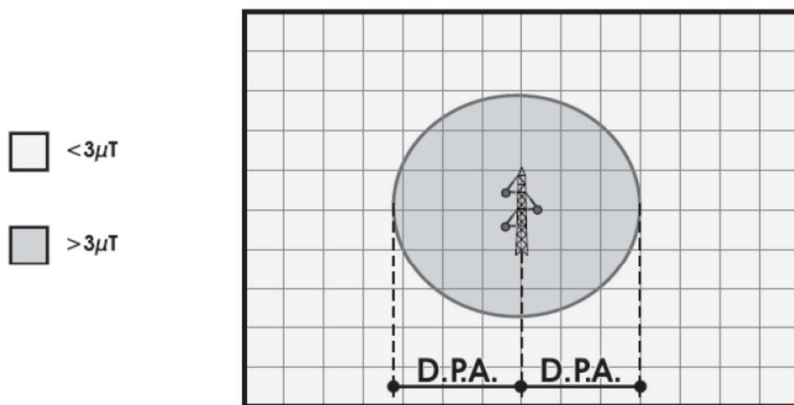
Tipologia sostegno	Formazione	Armamento	Corrente	DPA (m)	Rif.
Tubolare Doppia Terna con mensole isolanti (serie 132/150 kV) Scheda A13	22.8 mm 307.75 mm²		576	22	A13a
			444	19	A13b
	31.5 mm 585.35 mm²		870	27	A13c
			675	23	A13d
CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti in piano (serie 132/150 kV) Scheda A14	108 mm 1600 mm²		1110	5.10	A14
CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti a trifoglio (serie 132/150 kV) Scheda A15	108 mm 1600 mm²		1110	3.10	A15
CABINA PRIMARIA ISOLATA IN ARIA (132/150kV - 15/20kV) Trasformatori 63MVA Scheda A16	Distanza tra le fasi AT = 2.20 m		870	14	A16
	Distanza tra le fasi MT = 0.37 m		2332	7	



A2 - Semplice Terna con mensole isolanti (serie 132/150 kV)

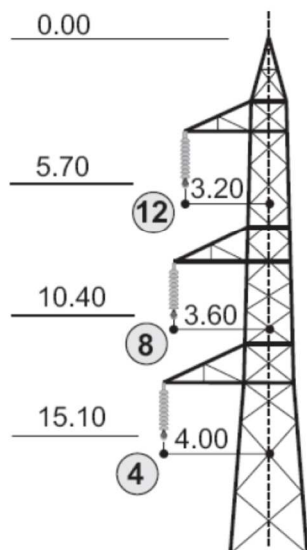


RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.

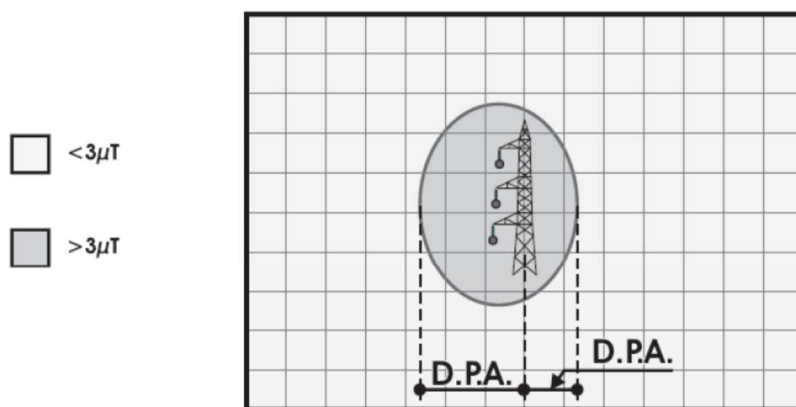


CONDUTTORI IN ALLUMINIO-ACCIAIO							
Diametro Esterno [mm]	Sezione Totale [mm ²]	CEI - 11-60 Portata [A]					
		ZONA A			ZONA B		
		Corrente A	D.P.A. m	Rif.to	Corrente A	D.P.A. m	Rif.to
22.8	307.75	576	16	A2a	444	14	A2b
31.5	585.35	870	19	A2c	675	17	A2d

A3 - Semplice Tema a bandiera con mensole normali (serie 132/150 kV)

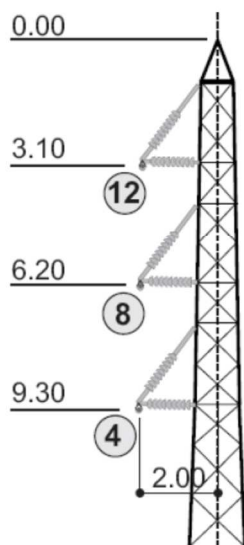


RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.

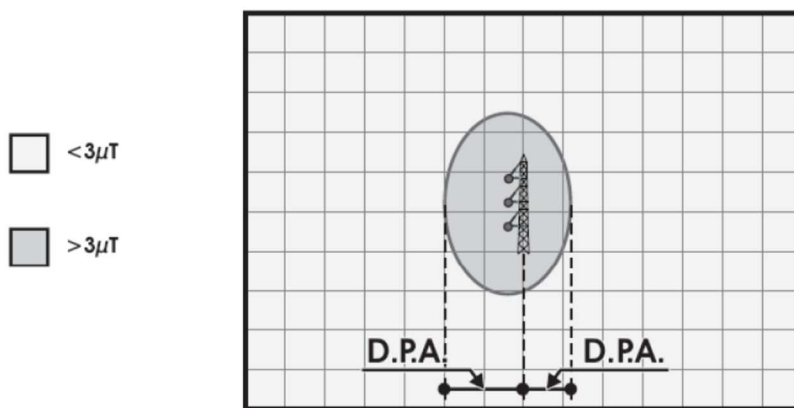


CONDUTTORI IN ALLUMINIO-ACCIAIO							
Diametro Esterno [mm]	Sezione Totale [mm ²]	CEI - 11-60 Portata [A]					
		ZONA A			ZONA B		
		Corrente A	D.P.A. m	Rif.to	Corrente A	D.P.A. m	Rif.to
22.8	307.75	576	21sx 14dx	A3a	444	19sx 12dx	A3b
31.5	585.35	870	25sx 18dx	A3c	675	23sx 16dx	A3d

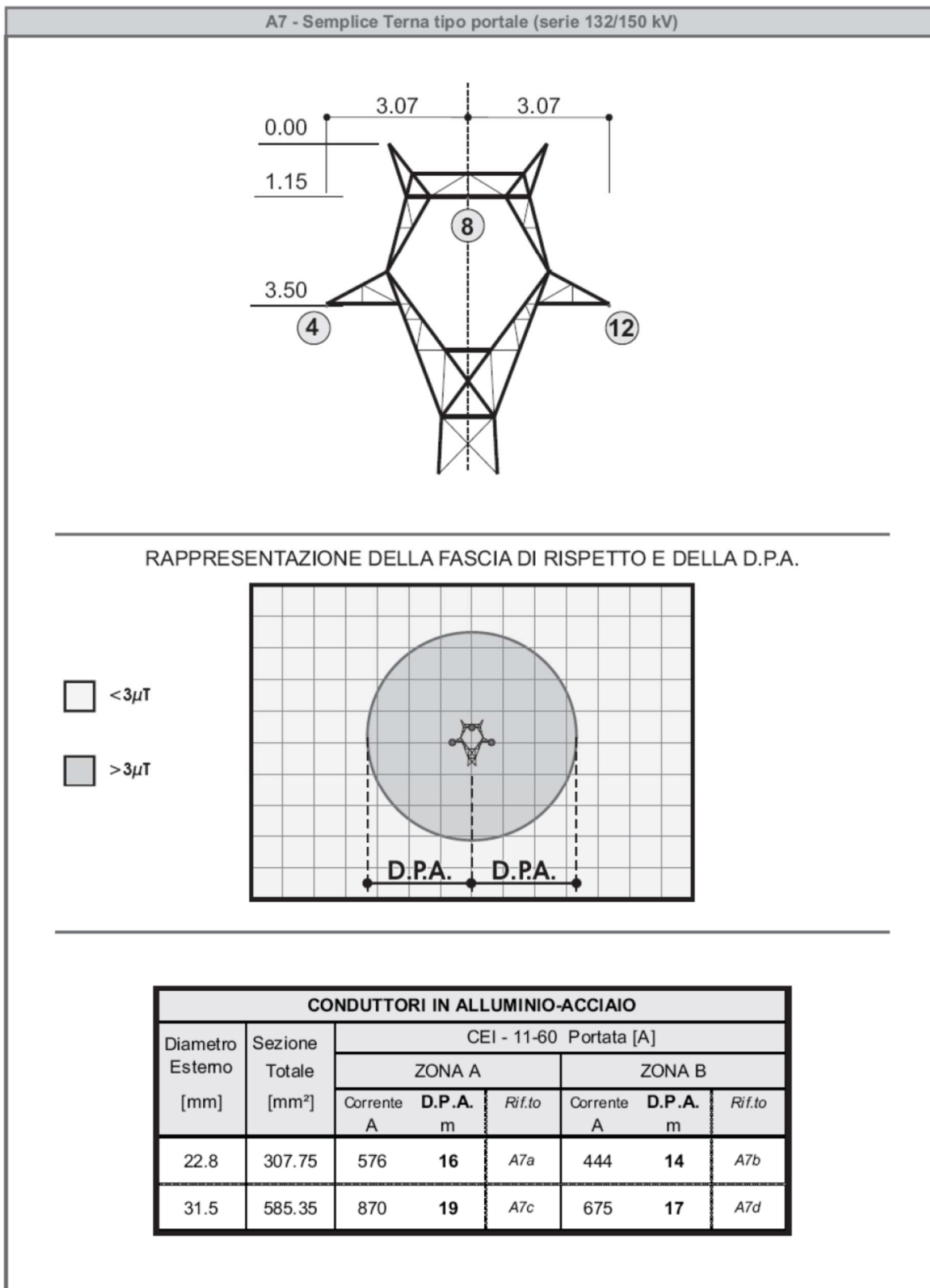
A4 - Semplice Tema a bandiera con mensole isolanti (serie 132/150 kV)



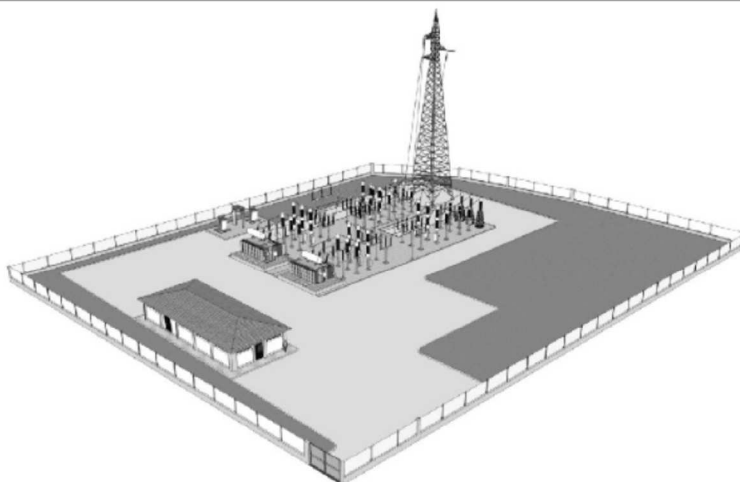
RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



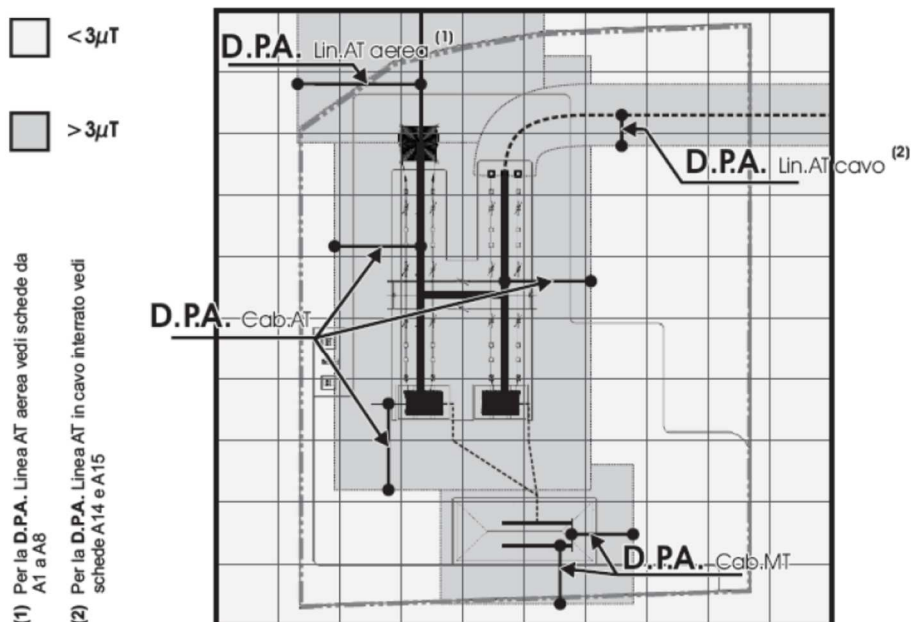
CONDUTTORI IN ALLUMINIO-ACCIAIO							
Diametro Esterno [mm]	Sezione Totale [mm ²]	CEI - 11-60 Portata [A]					
		ZONA A			ZONA B		
		Corrente A	D.P.A. m	Rif.to	Corrente A	D.P.A. m	Rif.to
22.8	307.75	576	17sx 13dx	A4a	444	15sx 11dx	A4b
31.5	585.35	870	20sx 16dx	A4c	675	18sx 14dx	A4d



A16 - Cabina primaria isolata in aria (132/150-15/20 kV)



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.

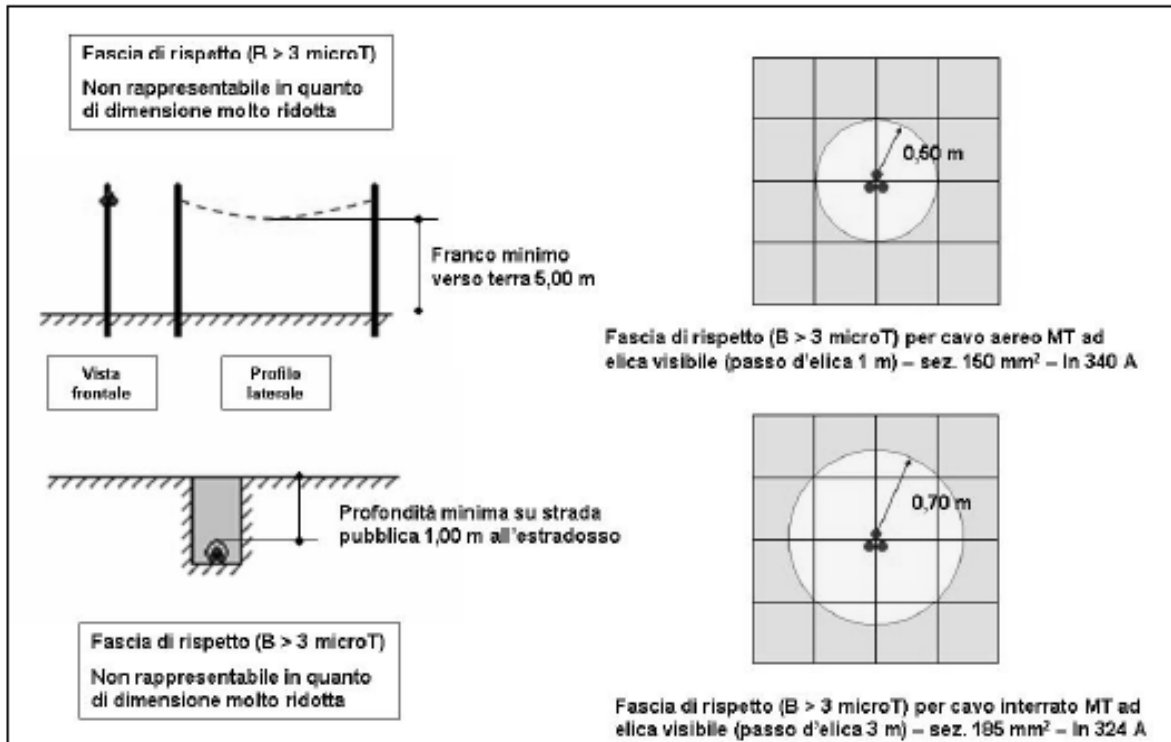


Tipologia trasformatore [MVA]	CABINA PRIMARIA						Riferimento
	D.P.A. Cab. da centro sbarre AT	Distanza tra le fasi AT	Corrente	D.P.A. Cab. da centro sbarre MT	Distanza tra le fasi MT	Corrente	
	m	m	A	m	m	A	
63	14	2.20	870	7	0.38	2332	A16

La "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" precisa che il calcolo delle DPA e della Fascia di rispetto non è dovuto in alcuni casi:

- linee elettriche esercite a frequenza diversa da 50 Hz;
- linee a Bassa Tensione;
- linee a Media Tensione (interrate e aeree) realizzate in cavo cordato ad elica

Per queste ultime valgono infatti le evidenze sintetizzate nella figura seguente:



4. Stato "post operam": analisi CEM

CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO PER IL CAVIDOTTO 150 kV INTERRATO

Per il cavo di sezione pari a 1.600 mm² e per le condizioni standard di posa, tenuto conto di opportuni coefficienti di riduzione, si ha un valore di corrente massima pari a circa 920 A.

Le caratteristiche elettriche principali del collegamento sono:

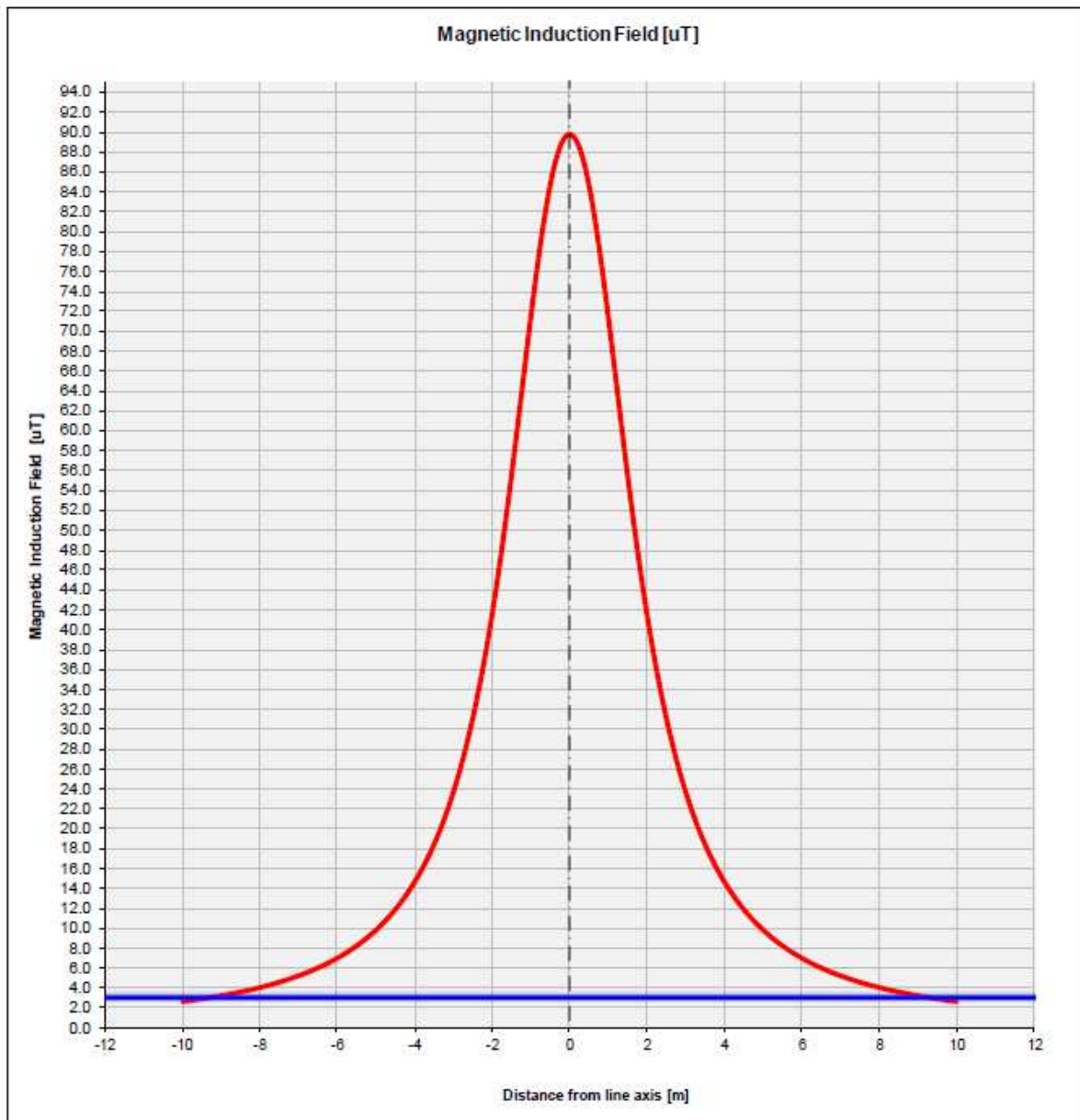
- Frequenza nominale 50 Hz
- Tensione nominale 150 kV

- Intensità di corrente massima nelle condizioni di posa 920 A
- Portata massima del cavo senza correzioni 1.095 A

Come si vede dalla successiva Figura 1, per tale configurazione della terna di cavi unipolari interrata, tenuto conto che il calcolo è effettuato a 1,5 m dal suolo, il valore dell'induzione magnetica raggiunge il limite dell'obiettivo di qualità di 3 mT per una distanza dall'asse del cavidotto di circa 9 m (linea blu). In caso di posa a trifoglio la DPA passa da 9m a 3m.

Con riferimento al tracciato di progetto, non si ravvisano recettori all'interno di suddetta fascia.

Poiché la posa del cavo interrato richiederà il posizionamento di buche giunti (definito in sede esecutiva), qualora le DPA dovessero interessare recettori critici si provvederà a ridurre drasticamente il valore dell'induzione magnetica mediante l'utilizzo di canaline in materiale ferromagnetico. Tali canaline possono portare, nel caso di schermatura minima, ad un'attenuazione dell'induzione magnetica di circa 8 volte per la configurazione a trifoglio e di circa 20 volte per la configurazione in piano in corrispondenza delle buche giunti, con conseguente drastica riduzione delle DPA.



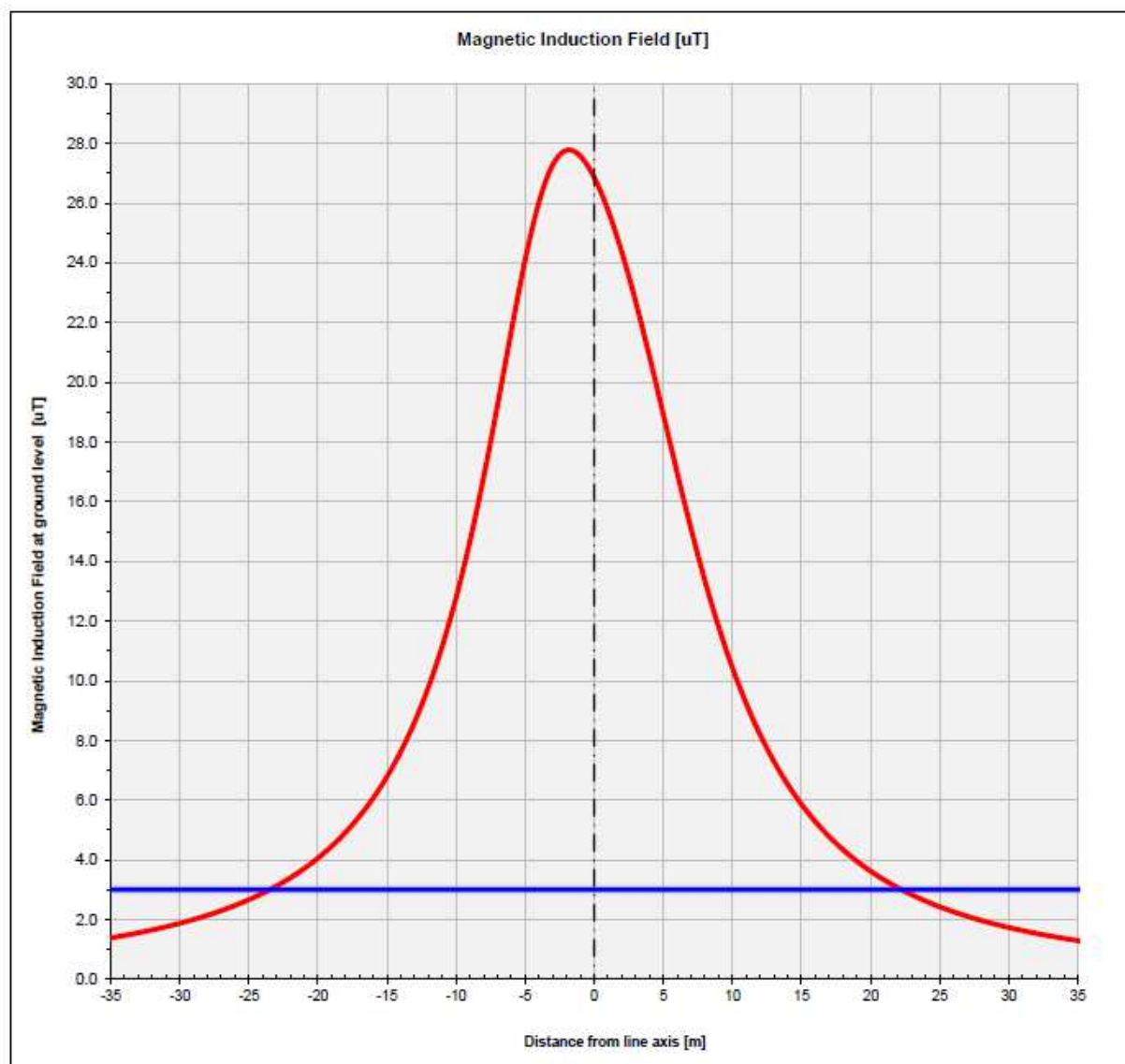
Andamento dell'induzione magnetica in una sezione perpendicolare all'asse linea, calcolata a 1 m dal suolo (obiettivo di qualità pari a 3 μ T)

In merito all'andamento del campo elettrico del cavo esso è sempre nullo esternamente allo schermo.

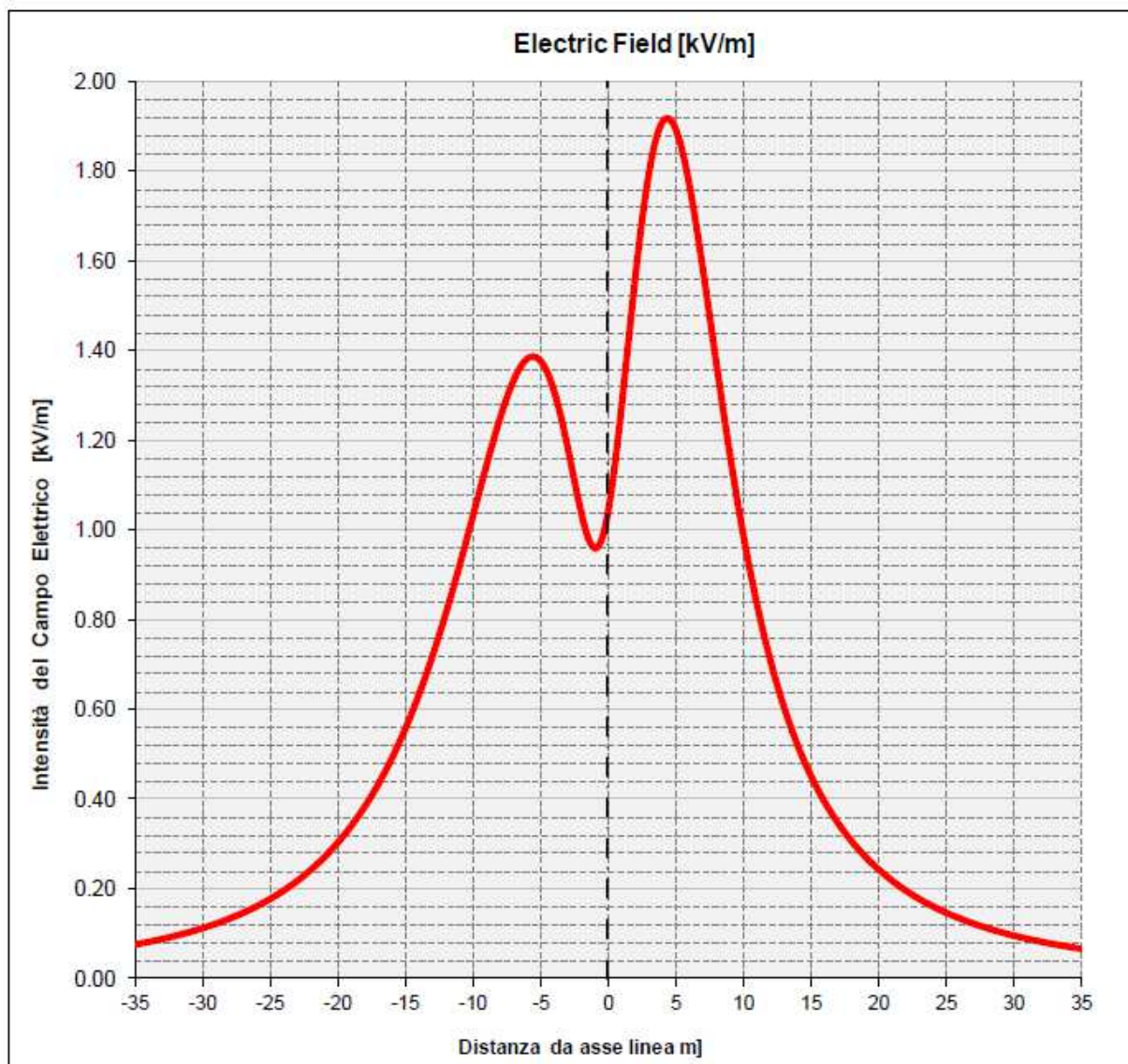
CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO PER LA LINEA AEREA 150 kV

Per il nuovo raccordo aereo 150 kV le caratteristiche elettriche principali sono:

- Potenza trasmissibile nominale: 226 MVA
- Tensione nominale 150 kV
- Intensità di corrente 870 A (al limite termico, zona A)



Andamento dell'induzione magnetica in una sezione perpendicolare all'asse linea, calcolata a 1,5 m dal suolo in caso di franco minimo (obiettivo di qualità pari a 3 μ T)

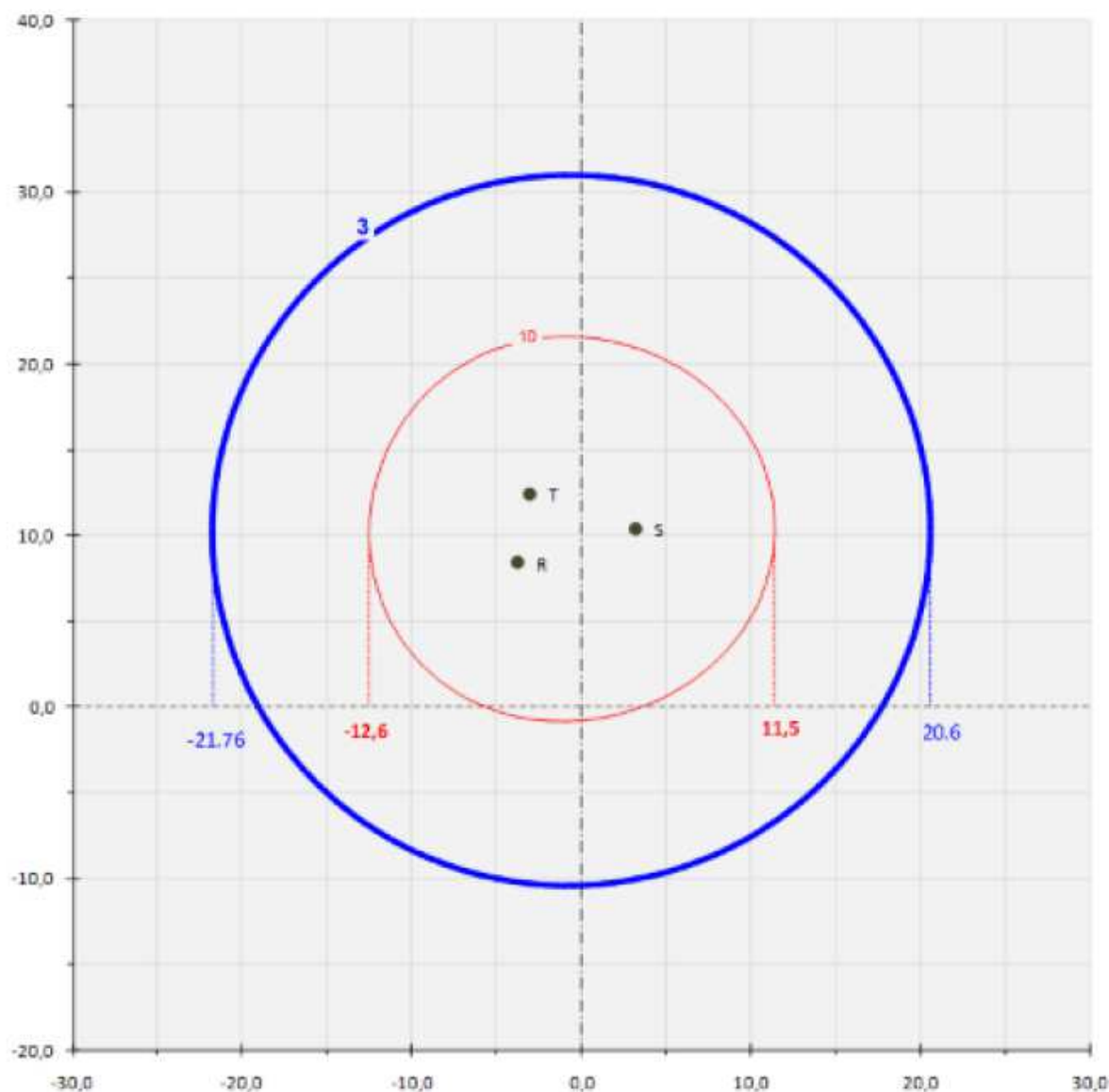


Andamento del campo elettrico in una sezione perpendicolare all'asse linea, calcolato ad 1,5 m dal suolo

Nel grafico seguente è illustrato il risultato del calcolo, effettuato utilizzando i valori delle correnti nei conduttori pari alla portata massima definita secondo la norma CEI 11-60 e la geometria più sfavorevole del sostegno, cioè quella del sostegno tipo E unificato).

Il valore di DPA ottenuto per l'obiettivo di qualità di 3 mT per i sostegni con testa a triangolo è di circa **21 m dal lato della mensola singola e circa 22 m dal lato delle due mensole, rispetto all'asse linea.**

Nel grafico seguente è illustrato il risultato del calcolo, effettuato utilizzando i valori delle correnti nei conduttori pari alla portata massima definita secondo la norma CEI 11-60 e la geometria più sfavorevole del sostegno, cioè quella del sostegno tipo E unificato). La linea blu rappresenta la curva a 3 mT, quella rossa la curva a 10 mT.



Isolinee dell'induzione magnetica nel caso di sostegno unificato con fasi disposte a triangolo

Da rilevazioni è emersa la presenza di due soli recettori, uno interessato dalle DPA del raccordo sud, l'altro da una linea MT che vede le sue DPA incrementate dalla presenza del nuovo raccordo. In entrambi i casi si tratta di depositi di materiale, che possono quindi essere considerati non sensibili. Pertanto il tracciato del nuovo raccordo aereo 150 kV, considerate le fasce di rispetto di cui alle analisi precedenti, non interferisce con alcun recettore sensibile, pertanto la normativa in materia di campi elettromagnetici è pienamente rispettata.

VARIFICA DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO PER LA NUOVA STAZIONE ELETTRICA 150/36 kV

Come riportato nella precedente scheda "A16", le DPA dal centro sbarre AT sono pari a 14m. Le fasce di rispetto relative ricadono quasi integralmente all'interno della recinzione della nuova stazione elettrica. Considerato che i pochi recettori più vicini sono localizzati a distanze superiori ai 150m dal perimetro della nuova stazione elettrica si può affermare con certezza che la normativa in materia di campi elettromagnetici è pienamente rispettata.